

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Antonio José López¹,
Luis Alfredo Hernández² y Carlos Iglesias³

ABSTRACT

Varietal participative selection for cassava breeding with small farmers in Colombian Caribbean region: a methodology development

Farmer's participation in varietal selection has been broadly documented in several crops and countries. However, few methodological developments have focused on the development of new varieties. This paper describes a participatory varietal selection methodology (PVS) in cassava developed through a four year research project with farmers of the Colombian Caribbean region. Four phases were developed: in the diagnostic stage, farmer's practices and concepts about traits of the varieties used were queried, during the technological offer stage, 10 advanced clones provided by ICA and CIAT were selected. In the evaluation stage, a network of 60 PVS trials was established; the final stage of data processing, analysis and feed-back was developed in two phases: one of data analysis and the other incorporating the results in the plant breeding process. Whereas plant breeders chose an ideal variety based on genotypic attributes, for the farmers such a variety had a combination of biotic, physical and socio-economic characteristics. 72% of the opinions obtained during the evaluation stage referred to the root and three categories of variety acceptance were identified. Furthermore, optimal quantitative and qualitative criteria were defined for agronomic traits as well as the traits of greater importance for the farmers. Finally, using the preferred agronomic characteristics, efficacy of the selected genotypes was evaluated under six different environmental conditions (years and sites). The main outcome of this methodology was the release of four cassava varieties, the reduction from 13 to 8 years in the time to develop a variety, and, lastly, the adoption of an SVP methodology applicable in cassava breeding programs.

Key words: yuca, *Manihot esculenta* (Crantz), participative varietal selection, participatory breeding, participatory plant breeding, gender selection, agroindustrial chain.

Recibido: agosto 25 de 2007
Aceptado: diciembre 7 de 2007

1. Investigador Ph.D. asistente, Programa de Recursos Genéticos Vegetales, Centro de Investigación Turipaná (Montería, Córdoba). CORPOICA. e-mail: ajlopez@corpoica.org.co
2. Investigador asociado, Proyecto IPRA, Centro Internacional de Agricultura Tropical –CIAT– (Palmira, Valle del Cauca). e-mail: L.a.hernandez@cgiar.org
3. Ph.D. Fitomejoramiento vegetal. Consultor CIAT.

Selección varietal participativa para el mejoramiento de la yuca con agricultores en la región Caribe colombiana: desarrollo de una metodología

RESUMEN

La participación del agricultor en la selección de variedades ha sido ampliamente documentada en varios cultivos y países; sin embargo, pocos desarrollos metodológicos se han orientado al desarrollo de nuevas variedades. El presente artículo documenta la formulación y aplicación de una metodología de selección varietal participativa (SVP) en yuca a lo largo de cuatro años con agricultores de la región Caribe colombiana. La metodología constó de cuatro etapas: en la de diagnóstico se indagaron las prácticas de los agricultores y sus conceptos sobre las características de las variedades que usan; en la etapa de oferta tecnológica se seleccionaron 10 clones avanzados suministrados por ICA y CIAT; en la etapa de evaluación, usando datos y criterios provenientes de los agricultores, se estableció una red de 60 pruebas de SVP; la etapa final de procesamiento de datos, análisis y retro-información se desarrolló en dos fases, una de análisis de los datos y otra de utilización de los resultados en el proceso de fitomejoramiento. Mientras los fitomejoradores señalaron una variedad ideal basados en atributos genotípicos, para los agricultores dicha variedad reunía una combinación de caracteres bióticos, físicos y socioeconómicos. El 72% de las expresiones obtenidas en la fase de evaluación se refirieron a la raíz y se identificaron tres categorías de aceptación de una variedad. Además, se definieron criterios cualitativos y cuantitativos óptimos para datos agronómicos, así como los rasgos de mayor importancia para los agricultores. Finalmente, se evaluó la eficacia de los genotipos evaluados en seis diferentes ambientes (años y sitios) para los caracteres agronómicos preferidos. Los productos principales de esta metodología fueron cuatro variedades de yuca liberadas, la reducción de 13 a 8 años en el período de desarrollo de una variedad y, finalmente, la adopción de una metodología de SVP aplicable en programas de fitomejoramiento de yuca.

Palabras clave: yuca, *Manihot esculenta* (Crantz), investigación agrícola participativa, selección varietal participativa, fitomejoramiento participativo.

INTRODUCCIÓN

LA SELECCIÓN DE VARIEDADES es una de las actividades en las que más se ha reportado participación de agentes del desarrollo distintos al fitomejorador. Estas experiencias han sido documentadas por varios autores como Maurya, Bottrall y Farrington (1988) con la evaluación de líneas avanzadas de arroz; también por Chambers (1989) quien revisó algunos ejemplos en los que los agricultores fueron expuestos a una canasta de diferente material genético; por su parte, Sperling *et al.* (1993) seleccionaron con agricultores un amplio rango de cultivos de frijol en ensayos de estación experimental para definir 21 genotipos promisorios en ensayos a nivel de fincas. También es importante mencionar el trabajo de ICRISAT y Rajasthan Agricultural University, documentado por Weltzien, Whitaker y Dhamotharan (1996), en el que los

agricultores identificaron y seleccionaron cultivos de millo. En todos estos casos la participación de los agricultores se restringió a la evaluación de materiales terminados o muy próximos a completar el proceso de mejoramiento cuyos límites han sido fijados por los fitomejoradores (Witcombe *et al.*, 1996).

Sin embargo, se ha considerado que, aunque se prueben materiales terminados o en la fase final del mejoramiento, la selección varietal participativa (SVP) como parte fundamental del fitomejoramiento participativo, genera productos aceptables por los agricultores (Weltzien *et al.*, 2000). Por otra parte, Almekinders y Elings (2002) afirman que si bien la SVP ha conseguido experiencias exitosas, el fitomejoramiento participativo propiamente dicho (selección dentro de materiales segregantes, diseño de cruzamientos, selección de parentales, entre otros)

todavía requiere ser explorado con mayor intensidad. En este sentido, Witcombe *et al.* (2001), quienes utilizaron SVP con cultivadores de arroz en Nepal, concluyeron que representa un método poderoso, simple y útil para incrementar la producción de alimentos en sistemas de producción con alto potencial productivo, los cuales producen la mayoría de los granos del mundo en desarrollo. Por su parte, Banziger y Cooper (2001), concluyeron que un enfoque exitoso de SVP, orientado a identificar o mejorar variedades con incremento de la productividad bajo condiciones restringidas en el uso de insumos, debe proveer acceso a una variación genética amplia y útil si se aplica una intensidad de selección lo suficientemente grande; adicionalmente, se necesita asegurar que la variación genética para los rasgos de interés no se vea oculta por una interacción genotipo x ambiente no replicada ni por la varianza del error.

La comparación de SVP con otros enfoques ha sido realizada principalmente en cereales. Joshi y Witcombe (2002) compararon metodológicamente dos enfoques de SVP con agricultores de arroz en sistemas de alto potencial de producción en Nepal: un sistema llamado 'investigación participativa manejada por el agricultor' (FAMPAR por su sigla en inglés) y otro conocido como 'investigación informal y desarrollo' (IRD por su sigla en inglés). Mientras el primero demandó trabajo intensivo de los investigadores, el segundo utilizó pocos recursos. Estos autores concluyeron que al aplicar los dos métodos, los agricultores identificaron la misma variedad; no obstante, FAMPAR utilizó métodos de encuesta formal que fueron de mayor utilidad para diagnosticar las razones que tuvieron los agricultores para adoptar o rechazar una variedad; sin embargo, IRD usó métodos de evaluación mucho más baratos y anecdóticos, por lo cual ésta fue más efectiva en cuanto a costos. Finalmente, estos autores sugieren que, aunque son métodos efectivos, su adopción implica cambios en los sistemas de prueba, liberación y extensión de variedades.

Al comparar los criterios de los fitomejoradores con los de los agricultores de cebada, Ceccarelli *et al.* (2003) concluyeron que es posible organizar un programa de mejoramiento con el objetivo de adap-

tar cultivos a múltiples ambientes ya sea físicos o socio-económicos. Un programa como tal deberá, al mismo tiempo, incrementar la productividad y la estabilidad, fortalecer la biodiversidad y producir cultivares ambientalmente amigables.

Según Atlin *et al.* (2001), los programas de fitomejoramiento participativo son diversos en objetivos y enfoques pero con frecuencia enfatizan en la evaluación visual de los agricultores o 'selección masal fenotípica' para seleccionar según características heredables simples, con limitada replicación en las evaluaciones del rendimiento en ensayos multi-ambientes, lo cual es una de las principales herramientas del mejoramiento formal o convencional. Señala además que los programas de mejoramiento participativo enfocados en lo local intentan explotar efectos repetibles de la interacción genotipo x ambiente para producir cultivares que son superiores en ambientes marginales para los productos de programas de fitomejoramiento formal o centralizado; esto generalmente lo hacen mediante dos modalidades: a) explotación de la adaptación local (diversidad de ambientes marginales) y b) explotación de la adaptación específica (tolerancia a estrés específicos). Sin embargo, la participación de los agricultores en este proceso ha sido de tipo consultivo, lo cual limita el involucramiento de los agricultores en el proceso de selección.

En este sentido, Sperling y Ashby (1999) sostuvieron que en el verdadero fitomejoramiento participativo, los usuarios pueden tener un papel de investigadores en todos los principales estados del proceso de mejoramiento y selección. Tales usuarios llegan a ser co-investigadores en diversas instancias del proceso: ayudar a fijar la finalidad, determinar prioridades específicas de mejoramiento, hacer cruza-mientos, explorar germoplasma en la fase pre-adaptativa de investigación, hacerse cargo de pruebas adaptativas y conducir la sub-secuente multiplicación de semilla y el proceso de difusión.

Los enfoques participativos en la selección varietal han sido revisados inicialmente por Weltzein, Whitaker y Dhamathanan (1996 y 2000) y descritos para muchos cultivos y países. Según Joshi y Witcombe (2002), aunque todos los métodos incluyen

la experimentación de los agricultores, pueden diferir grandemente en los recursos que necesitan y en que la SVP puede requerir sistemas intensivos de evaluación. Recientemente Gyawali *et al.* (2007) consideraron que la eficiencia del mejoramiento de plantas se puede optimizar si se tiene en cuenta el cliente final y, más aún, cuando se involucran los agricultores en la selección de generaciones segregantes, es decir, generaciones tempranas, como lo probaron en el sistema arroz; concluyeron que las variedades seleccionadas de compuestos fueron preferidas por los agricultores en los ensayos de finca y tuvieron un desempeño superior de rendimiento y madurez, comparadas con las últimas variedades mejoradas y liberadas.

Evaluando variedades de yuca con agricultores en el nordeste de Brasil, Fukuda *et al.* (1999) encontraron que incorporando a los agricultores en la selección por resistencia a enfermedades, se integran además otros caracteres del rendimiento que aumentan la probabilidad de adopción de las variedades resistentes a patógenos. Aplicando el enfoque participativo objeto de esta publicación, Goncalves y Saad (2001) reportaron la experiencia de un proyecto de mejoramiento de yuca implementado en colaboración con agricultores de la región semi-árida de Brasil. La experiencia inició con un proyecto piloto en nueve comunidades de una municipalidad y siete años más tarde se tenían 305 ensayos participativos en 70 comunidades de cuatro estados en la región. Como productos importantes obtenidos a la fecha del reporte, ocho variedades habían sido liberadas y se había identificado una docena de clones con alta probabilidad de aceptación. Dichos autores concluyeron que la experiencia significó profundos cambios en la manera de hacer fitomejoramiento en Brasil: sin haber finalizado el proyecto se presentó adopción espontánea, difusión de nuevas variedades y marcado interés en probar las tecnologías ofrecidas inicialmente por los investigadores, lo cual no se había logrado con el enfoque del fitomejoramiento convencional. Adicionalmente, este caso mostró que el enfoque participativo puede ser extremadamente eficiente y efectivo cuando se trabaja con agricultores de escasos recursos localizados en áreas marginales con cultivos de subsistencia, limitado acceso a nuevas

tecnologías y, frecuentemente, reacios a introducir éstas en sus parcelas.

Por su parte, Hinestroza y Álvarez (1992) en Ecuador, utilizaron métodos participativos para iniciar un banco de germoplasma de yuca y evaluación de introducciones de materiales mejorados. Este enfoque permitió identificar la variedad MCOL 2215 (llamada 'Venezolana' en la región Caribe colombiana), como una variedad promisorio para la provincia de Manabí.

En Colombia, la metodología se ha aplicado en yuca, en unos casos con todas sus fases, y en otras aplicando sólo algunos componentes; Álvarez *et al.* (1999), mediante evaluaciones participativas con agricultores mujeres en Mitú (departamento de Vaupés), seleccionaron dos clones mejorados de yuca por su resistencia a pudriciones de la raíz, incorporando el conocimiento ancestral de comunidades nativas. Hernández (1992) presentó avances del desarrollo de la metodología reportada en este artículo. Por su parte, López (1999) reportó resultados positivos en la adopción de variedades de yuca desarrolladas con la aplicación de esta metodología y otras con fitomejoramiento convencional.

El fitomejoramiento participativo con otras especies en Colombia se ha orientado principalmente a la selección varietal con agricultores. A este respecto, Mejía y Serrano (2002) reportaron la selección de una variedad de arroz por parte de los agricultores en Pailitas (departamento del Cesar); Bornacelly (2002) reportó la selección de dos variedades de tomate en San Juan del Cesar (departamento de Guajira), mientras que Gómez (2002) reportó dos variedades locales de maíz seleccionadas por agricultores en Gámbita (Santander); sin embargo, estos trabajos se orientaron a evaluaciones cuantitativas y los criterios de los agricultores no fueron analizados según su asociación con los diferentes materiales evaluados.

El presente artículo presenta una metodología resultado de una investigación que partió de las siguientes hipótesis: a) la participación del agricultor y la incorporación de sus criterios en el proceso de selección reduce el tiempo de desarrollo de una variedad de yuca y garantiza

aumentos de adopción de las variedades desarrolladas; b) la participación del agricultor y la incorporación de sus criterios en el proceso de selección permite definir ambientes o dominios de investigación, y c) la participación del agricultor y la incorporación de sus criterios en el proceso de selección, permite incorporar nuevos parámetros de evaluación en el proceso de selección de nuevas variedades.

Los objetivos de la investigación fueron: 1) incorporar con participación efectiva⁴ a los agricultores en el proceso de fitomejoramiento de la yuca; 2) identificar ambientes de selección que integren componentes biofísicos y criterios de los agricultores; 3) reducir el tiempo entre cruzamientos y liberación de una nueva variedad; 4) liberar variedades con la participación del agricultor, y 5) desarrollar una metodología que permita ganar eficiencia y eficacia en el proceso de fitomejoramiento de la yuca.

El objetivo de este artículo es documentar el resultado de una investigación que condujo a la conformación de un desarrollo metodológico para la selección varietal participativa en el mejoramiento de yuca con agricultores en la Región Caribe de Colombia. Inicialmente se presentan los antecedentes y los objetivos planteados en la fase inicial; los productos intermedios y los datos generados se analizan en su aplicabilidad y calidad, respectivamente; a continuación, se presentan los resultados obtenidos luego de aplicar procedimientos estadísticos que permitieron el manejo de datos generados en las evaluaciones subjetivas de los agricultores y en las realizadas por los fitomejoradores; finalmente se relacionan los productos principales de la metodología.

MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo de la metodología se logró en cuatro etapas a saber: a) diagnóstico, b) oferta tecnológica (de genotipos), c)

4. Como 'participación efectiva' se entiende la incorporación activa de los agricultores y grupos de usuarios del conocimiento en el proceso de toma de decisiones, desde la planificación, pasando por la implementación y divulgación de los resultados de los programas de desarrollo, y que además tengan alto potencial para alcanzar e influir sobre grupos más numerosos de beneficiarios potenciales.

evaluación y d) procesamiento de datos, análisis y retro-información.

Etapas de diagnóstico

Consistió en conocer las prácticas de los agricultores de yuca y su concepto sobre las características de sus variedades más cultivadas. Esta fase se realizó en tres pasos: a) revisión y análisis de la información secundaria existente; b) entre 20 y 30 estacas de cada uno de los 15 clones seleccionados por los fitomejoradores, fueron entregadas a 40 agricultores en cuatro sub-regiones para que fueran sembradas y evaluadas según su sistema tradicional. Cada agricultor recibió entre dos y cuatro variedades y dentro de cada sub-región, cada variedad tuvo entre dos y cinco repeticiones; c) basados en una visita durante el ciclo del cultivo, se diseñó un cuestionario de dos partes, el cual finalmente fue reemplazado por una entrevista informal con el agricultor, la cual estuvo orientada a conocer la variedad ideal para ellos y las características de sus variedades cultivadas.

Etapas de oferta tecnológica

Una vez analizados los resultados de la etapa anterior, se seleccionó un grupo de 10 clones avanzados de los programas de mejoramiento de ICA y CIAT en la región; en estas pruebas, sólo se consideró el clon como oferta tecnológica, en tanto que los agricultores utilizaron sus propios recursos y labores. Los participantes fueron seleccionados de acuerdo a su tradición como cultivadores de yuca y disposición a participar.

Etapas de evaluación

La participación de los agricultores es una de las diferencias fundamentales entre el esquema de fitomejoramiento convencional seguido hasta 1986 por ICA y CIAT y el fitomejoramiento con SVP en campos de agricultores. En el primero (Figura 1a), el enfoque se orientaba a la selección con los criterios de los fitomejoradores, tanto en el centro de investigación como en las pruebas regionales. Este enfoque fue revisado por ambas instituciones durante 1986, cuando se tomó la decisión de incorporar al agricultor en el proceso de selección final integrando el conocimiento científico con

el conocimiento local de los agricultores. En la Figura 1b se muestra que la SVP reemplaza las pruebas regionales; a partir de aquí se desarrolla la metodología documentada en este artículo.

Con base en dichos cambios, entre 1987 y 1990, se establecieron 60 pruebas (5 en Atlántico, 11 en Bolívar, 2 en Cesar, 22 en Córdoba, 11 en Magdalena y 9 en Sucre) de selección varietal participativa con los clones seleccionados, comparados con el del agricultor; en promedio se sembraron 20 pruebas por ciclo con 50 estacas por clon en una sola parcela. No hubo repetición dentro de cada localidad. Los clones provenientes de etapas avanzadas fueron elegidos en foros de discusiones

entre el grupo de investigadores de yuca del Caribe. Los agricultores evaluaron los clones mediante criterios expresados en sus términos a diferentes estados del cultivo. Con los criterios de los agricultores analizados en los primeros dos años, se estructuró un libro de campo que permitió el registro sistemático de los datos en la red de pruebas.

Etapas de procesamiento de datos, análisis y retroinformación

Se desarrolló en dos fases: una de análisis de los datos obtenidos durante cinco años y otra de interiorización de los resultados por el grupo de mejoradores. El procesamiento de los datos constó de: a) interpretación y frecuencia de las expresiones

obtenidas en la evaluación abierta, b) ordenamientos de grupos de variedades y orden de preferencia y c) clasificación de la información respecto de la complementariedad entre datos agronómicos y subjetivos aplicando procedimientos estadísticos tales como análisis de sensibilidad varietal para datos incompletos en distintos ambientes usando el método de regresión conjunta modificada desarrollado por Digby (1979), análisis de correspondencia, análisis de agrupamiento según el método de Ward (1963) y regresión logística para preferencia de clones.

Dos años más tarde, se hizo un estudio de adopción de las variedades liberadas, comparadas con una variedad liberada

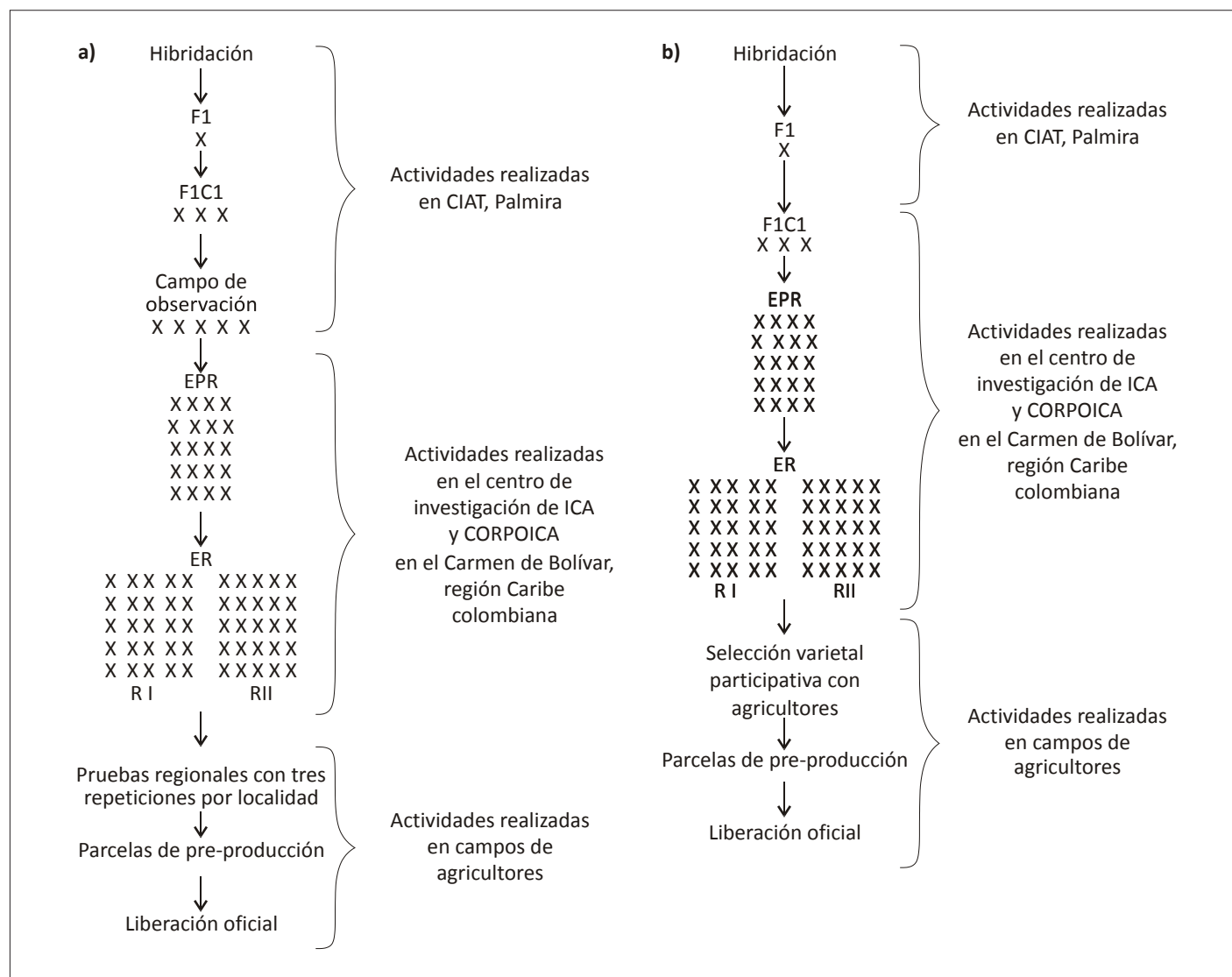


Figura 1. a) Proceso de fitomejoramiento convencional utilizado por CIAT e ICA hasta 1986. b) Proceso de fitomejoramiento incorporando a los agricultores en la selección varietal participativa en las etapas finales utilizado por CIAT e ICA a partir de 1987. *Fuente:* López y Jaramillo (2000).

por un programa de fitomejoramiento formal o convencional. En una muestra aleatoria de 330 agricultores, estratificados, se registró el porcentaje de adopción acumulado durante un período de 14 años. Esto permitió diferenciar la adopción de dos variedades lograda según el enfoque de SVP y otra por el método del fitomejoramiento formal manejado sin la participación del agricultor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan de acuerdo a la estructura por fases de la metodología desarrollada.

Etapas de diagnóstico

Los estudios de identificación de la tecnología local de producción realizados por el ICA, permitieron seleccionar dos ambientes en trópico bajo húmedo y dos en trópico bajo seco.

En términos generales, se identificó un alto grado de uniformidad en las prácticas culturales y época de siembra en las sub-regiones; se identificaron las especies utilizadas en el intercalamiento con yuca en cada sub-región. Con base en la micro-regionalización para la producción de yuca en esta región, realizado por Carter (1985), y teniendo en cuenta la variación en humedad del suelo, topografía, métodos de preparación del suelo, prácticas de enrastramiento y sistemas de tenencia de tierra, la red de pruebas se estableció en al menos seis micro-regiones o ambientes. Esta definición de ambientes es fundamental, teniendo en cuenta que la estabilidad en el tiempo es mucho más importante para el agricultor. Identificar ambientes permite en un programa de SVP, lograr una adopción más rápida, ya que se seleccionan clones para micro-ambientes específicos. Esta estratificación involucra, tanto el componente de prácticas del agricultor, como el componente biofísico en la identificación del sistema de producción para el cual se están seleccionando los clones. En la actualidad se cuenta con herramientas como los SIG que permiten realizar esta estratificación con mejor precisión. Estos resultados coinciden con los reportados por Joshi y Witcombe (2002) quienes encontraron que la SVP con etapa de diagnóstico fue útil para diagnosticar las

razones que tuvieron los agricultores para adoptar o rechazar una variedad.

Como en muchos otros países, los agricultores siembran en mayor proporción una sola variedad de yuca; sin embargo, se encontró que los agricultores conservan y utilizan un gran número de otras variedades para diferentes usos. Usan dicha variedad porque ésta tiene, según ellos, altos rendimientos (para el mercado fresco), es precoz y de excelente aceptación para consumo en fresco. Estos resultados concuerdan con los reportados por Carter (1985) en la misma región.

Otra serie de características fueron importantes por cada sub-región; por ejemplo, la susceptibilidad a enfermedades no mostró el mismo interés en todas las subregiones. Diferencias en cuanto al hábito de ramificación, su efecto en el rendimiento y calidad de raíces fueron reconocidos como importantes en una sub-región del trópico bajo seco; esto permitió contemplar la posibilidad de que la variedad local conocida como 'Venezolana' fuera en realidad varios clones. Esta duda fue resuelta por Ocampo y López (1990) quienes determinaron por electroforesis que no había diferencias entre los cuatro morfotipos identificados. Mientras los productores cosechaban desde los seis meses, los mejoradores evaluaban rendimiento entre 10 y 12 meses. Aunque los agricultores, por lo general, tienen otras variedades no muy utilizadas, las características de ellas deben analizarse en profundidad ya que en éstas se conservan

características que no tiene la variedad más cultivada. El conocimiento de estas características en el proceso aportó los primeros criterios para retroinformar a los programas de mejoramiento de las dos instituciones; así, se solicitó al CIAT realizar cruzamientos que involucraran a los clones regionales.

Mientras los fitomejoradores consideraban la variedad ideal solamente basados en atributos del genotipo, la variedad ideal para los agricultores reunía una combinación de caracteres que dependen de aspectos tanto bióticos como físicos y socioeconómicos (Tabla 1).

En cuanto a la evaluación de los clones distribuidos, aunque un ciclo se consideró insuficiente para tomar un concepto claro, estas evaluaciones permitieron identificar que los agricultores evaluaron tanto aspectos de la planta (raíz, follaje y susceptibilidad a plagas y enfermedades), como aspectos relacionados con el mercado tales como precocidad, calidad culinaria, color de peridermis, etc. (Carey, 1987). Los agricultores evaluaron nuevos clones comparándolos con sus variedades locales, tanto en términos cuantitativos como en términos de similitud fenotípica. Estas evaluaciones permitieron fortalecer la estratificación por microambientes. En esta etapa, se debe conseguir que el agricultor entienda muy bien que la semilla recibida es de su propiedad y que puede evaluarla sin esperar la visita del profesional; se debe entregar semilla en la época que la siembra el agricultor. La retro-información obtenida y

Tabla 1. Características de la variedad de yuca ideal para agricultores en la región Caribe colombiana, 1986.

Característica deseada	Componente	Indicador
Buena para el mercado fresco	Económico-Biótico	* Alto contenido de almidón * Buena calidad culinaria * Color oscuro (café a negro) en la cáscara * Pulpa blanca
Excelente rendimiento	Biótico	* Mayores de 15 t.
Precocidad en la producción de raíz	Económico-Biótico	* El mejor precio se obtiene entre 6 y 7 meses después de siembra.
Buena brotación	Biótico	* 100%
Tolerancia a sequía	Biofísico	* Debe mantener la calidad culinaria en época seca como la var. Blanca Mona (contenido de almidón estable).
Nivel de ramificación	Biótico-social y económico	* Pocos para facilitar y ahorra mano de obra en deshierbas.

Fuente: Datos obtenidos en la investigación por ICA-CORPOICA-CIAT.

el entusiasmo de los agricultores, indicó la necesidad de estructurar un nuevo grupo de clones para iniciar una segunda etapa en el proceso. Resultados similares han sido reportados por otros autores en otras especies. Witcombe *et al.* (2001) utilizando SVP con cultivadores de arroz en Nepal, identificaron nuevas variedades preferidas por los agricultores; la adopción de estas variedades incrementó la biodiversidad varietal dentro de las tres estaciones de cultivo estudiadas en dos sistemas con alto potencial productivo.

Etapa de oferta tecnológica

El esquema de mejoramiento seguido hasta entonces por las dos instituciones, privilegiaba la selección del mejorador en un esquema con alta presión de selección con una duración promedio de 7,5 años en el CIAT y 6 en el ICA para llevar pruebas controladas por los investigadores a las fincas de los agricultores. En este esquema, CIAT realizó los cruzamientos y evaluó la primera generación clonal de la F1 (F1C1), los ensayos preliminares y de rendimiento; por su parte, los fitomejoradores del ICA hicieron sus propias evaluaciones a partir de un grupo de clones seleccionados por mejoradores en Palmira, Valle, sembrados en pruebas regionales con un diseño de bloques completos al azar y tres repeticiones.

La oferta seleccionada fueron 10 clones con rendimientos promedios entre 15 y 20 t·ha⁻¹ de raíces frescas y 33-36% de materia seca en las raíces, buena tolerancia a enfermedades y plagas y diferentes hábitos de ramificación. A pesar de que los colores oscuros de la peridermis de la raíz eran los preferidos por los agricultores, se incluyeron varios clones con raíz de color café claro, previendo su posible uso en la industria del secado natural. Como era de esperarse, hubo un sesgo del fitomejoramiento clásico al estandarizar las pruebas, tratando de incluir los 10 clones en todos los sitios. Se consideró como oferta tecnológica debido al trabajo realizado por los fitomejoradores sobre estos clones y que de todas maneras serían entregados muy pronto como variedad con el enfoque clásico.

Etapa de evaluación

Esta etapa se inició con una serie de contactos iniciales e interacción con los agricultores. Es necesario que el agricultor sepa

quienes son los profesionales que le están ofreciendo alternativas para mejorar sus sistemas, cuáles objetivos se persiguen en la investigación y cuál será su papel dentro de esa relación que se inicia alrededor de un cultivo. Sin embargo este enfoque debe orientarse un poco más a desarrollar la relación alrededor de las personas y no alrededor de la tecnología como objeto. Un esquema de los pasos seguidos para lograr esto se presenta en la Figura 2.

La evaluación se realizó al momento de la cosecha a los 10 meses después de sembradas las pruebas. Durante el desarrollo de las actividades de evaluación, los agricultores en forma individual, fueron sometidos a preguntas abiertas. Estas preguntas buscaban obtener respuestas sobre sus criterios e identificar caracteres con aceptación o no de las variedades en evaluación. Al final de cada evaluación, los agricultores organizaban las 10 variedades en sub-grupos calificadas como buenas, regulares y malas; finalmente, dentro de cada subgrupo, ellos establecieron individualmente un orden de preferencia general de acuerdo con lo observado en la cosecha. En esta etapa los fitomejoradores registraban datos agronómicos en variables continuas y ordinales por cada variedad, tanto en el desarrollo del cultivo como al momento de la cosecha.

La necesidad de sistematizar la red de pruebas implicó el desarrollo de un libro de campo para el registro de los datos de la entrevista y de los datos agronómicos. Se generó un libro de campo sistematizado

con ocho registros a saber: 1) ubicación del proyecto, datos para identificar la prueba, 2) datos sobre germinación y etapas intermedias del cultivo, 3) información sobre la cosecha, 4) descripción del sitio de prueba e identificación de responsables, 5) análisis de suelos, prácticas culturales, variedades locales y tipo de mercado, 6) criterios de precosecha, 7) criterios de cosecha y 8) evaluación de la entrevista.

Etapa de procesamiento, análisis y retroinformación

Interpretación y frecuencia de las expresiones obtenidas en la evaluación abierta. El 72% de las expresiones registradas en estas evaluaciones se refirieron a la raíz debido a que de 11 características registradas en el libro de campo, ocho (8) se referían a la raíz; esto obedece a dos sesgos en la etapa inicial de la metodología expresados en el diseño del libro. Por un lado, los agricultores fueron invitados mayoritariamente a las cosechas y muy poco a las evaluaciones intermedias; por el otro, a pesar de que las variedades se sembraron intercaladas y asociadas con otras especies como maíz y ñame, entre otras especies, los investigadores sólo estaban interesados en mirar yuca y poco interés hubo en registrar características de los otros cultivos; es más, en el libro no se contemplaron.

Ordenamiento de grupos de variedades. Permitió identificar tres categorías: bien aceptadas, intermedia y pobremente

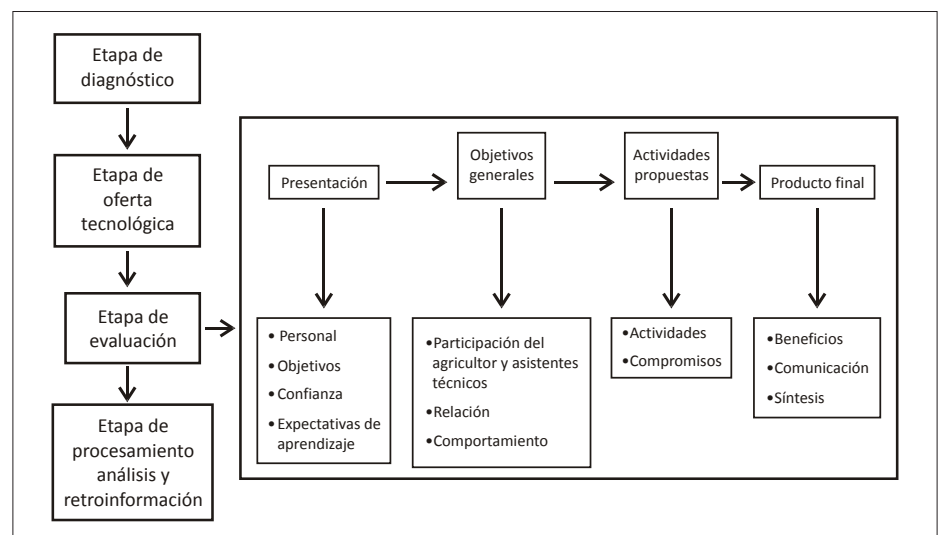


Figura 2. Etapas de la metodología desarrollada e interacciones en la etapa de evaluación de clones en pruebas de selección varietal participativa (adaptado de Hernández, 1993).

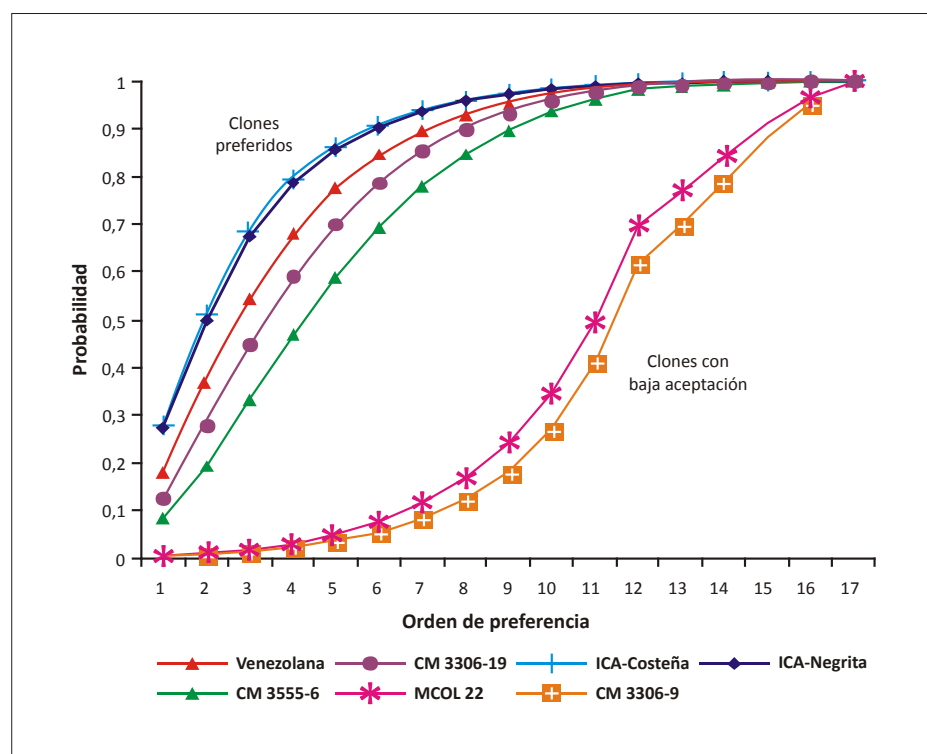


Figura 3. Orden de preferencia por siete clones de yuca, expresado por los agricultores en 60 localidades del Caribe colombiano. *Fuente:* Datos obtenidos en la investigación para el desarrollo de la metodología por ICA-CORPOICA-CIAT.

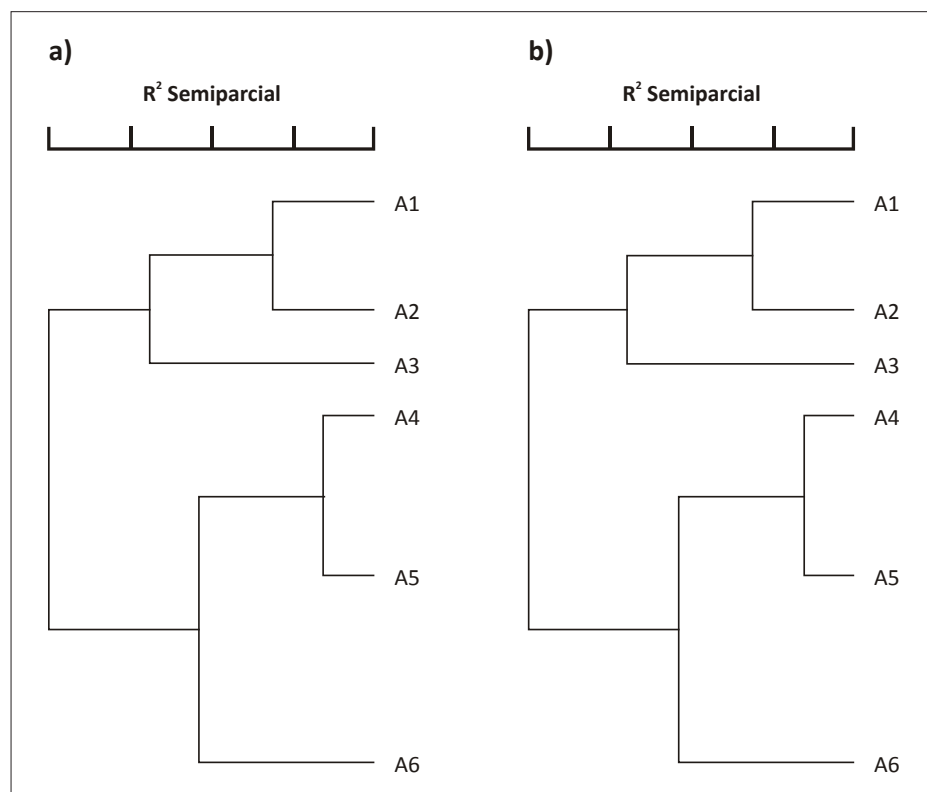


Figura 4. Dendrograma de ambientes para evaluación de clones de yuca: a) intercalado con maíz y b) en monocultivo, definidos con base en la media del ambiente y su error estándar. *Fuente:* Datos obtenidos en la investigación para el desarrollo de la metodología por ICA-CORPOICA-CIAT.

aceptadas; el orden de preferencia final de los agricultores en 10 clones mediante regresión logística, produjo una representación gráfica de variedades preferidas y no preferidas comparadas con la variedad regional 'Venezolana' (Figura 3). Con los datos obtenidos en la red de pruebas, se desarrolló una aplicación en MS Excel® que permitió automatizar el análisis de regresión logística para el orden de preferencia de los agricultores sobre las variedades evaluadas. Esta aplicación fue desarrollada por Hernández (2000) con su respectivo manual.

Complementariedad entre datos agronómicos y subjetivos. Permitted definir los niveles aceptables ya sea cualitativos como forma de raíz o, cuantitativos como contenido de materia seca (MS%) de los caracteres más tenidos en cuenta por los agricultores.

Análisis de componentes principales. Fue útil para determinar los rasgos más importantes tenidos en cuenta por los agricultores al seleccionar una variedad deseable. En general el 67% de la variación acumulada fue explicado por seis componentes; el análisis permitió mostrar que los aspectos calificados como de baja aceptación, tales como color claro de la peridermis, de la raíz, color crema o amarillo de la pulpa, altura de planta menor de un metro, altura de la primera ramificación, rendimiento de ocho raíces por planta, longitud del pedúnculo y facilidad de cosecha, fueron los más discriminantes para cada uno de los componentes principales.

Análisis por procedimientos de cluster o agrupamiento por características similares. Permitted definir seis ambientes para el desarrollo de la investigación en fincas con participación de agricultores en monocultivo y en seis ambientes en asocio con maíz (Figura 4). El agrupamiento se realizó según la acumulación de materia seca en la raíz, rendimiento de raíces, índice de cosecha y otras variables de tipo agronómico. Cada ambiente (A1....A6) fue caracterizado además por las condiciones fisicoquímicas de suelo, tipo de productor y prácticas culturales entre otros.

A este respecto, Banziger y Cooper (2001) concluyeron que un enfoque exitoso de selección varietal participativa debe verificar que las condiciones de los agricultores donde se realizan las pruebas

representan ambientes que probablemente ocurran dentro de una comunidad de agricultores a través del tiempo y que los resultados de ensayos y pruebas conducidos bajo estas condiciones sean resumidos y usados en una manera significativa ya sea a través de intercrucía de germoplasma seleccionado o proveyendo retroinformación a los agricultores sobre el comportamiento al nivel de ambiente específico. Mulatu y Zelleke (2002) coincidieron en este aspecto al concluir que la zonificación fue un pre-requisito para desarrollar cultivos de maíz adaptados a los variados nichos agro-ecológicos. Adicionalmente ellos consideraron que en dicho estudio, la zonificación apropiada debida a los rasgos relevantes de selección de los agricultores y a un uso más amplio de enfoques participativos debería contribuir a desarrollar cultivos que pueden ganar aceptación de los agricultores.

Análisis de estabilidad. Permitió determinar la sensibilidad de los genotipos evaluados en diferentes ambientes (años y sitios) para caracteres agronómicos, especialmente aquellos con estrecha relación a las preferencias de los agricultores. Este análisis permitió también verificar la correspondencia entre lo mejor seleccionado por los fitomejoradores en ensayos controlados en centros de investigación y lo preferido por los agricultores en términos de materia seca y rendimiento de raíces frescas. Producto de este análisis, dos nuevas variedades de yuca (ICA-Costeña e ICA-Negrita) para consumo de mesa e industria fueron sustentadas, entregadas oficialmente y registrados en 1990 y 1993 respectivamente (Figura 5). Al respecto, Courtois *et al.* (2001), al evaluar la SVP y la selección clásica de los mejoradores en variedades de arroz seco en la India, encontraron que en cerca de dos tercios de los ensayos hubo concordancia entre los ordenamientos promedios de los agricultores y el de los fitomejoradores. En esta oportunidad, la interacción genotipo x ambiente para rendimiento de grano debido a localidad dentro de un sitio y año demostró más efecto en algunos sitios que en otros.

Los resultados del estudio de adopción indicaron que las variedades seleccionadas con los agricultores por el método de SVP (ICA-Costeña e ICA-Negrita), durante los primeros cinco años después de su liberación tuvieron porcentajes de adopción

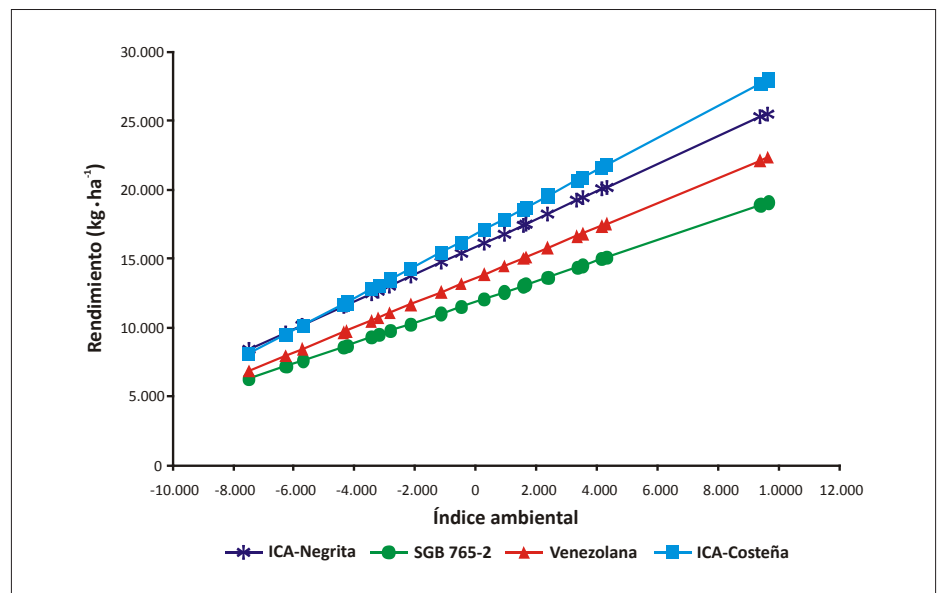


Figura 5. Estabilidad de clones seleccionados por los agricultores en 60 localidades de la región Caribe colombiana. Fuente: López y Jaramillo (2000).

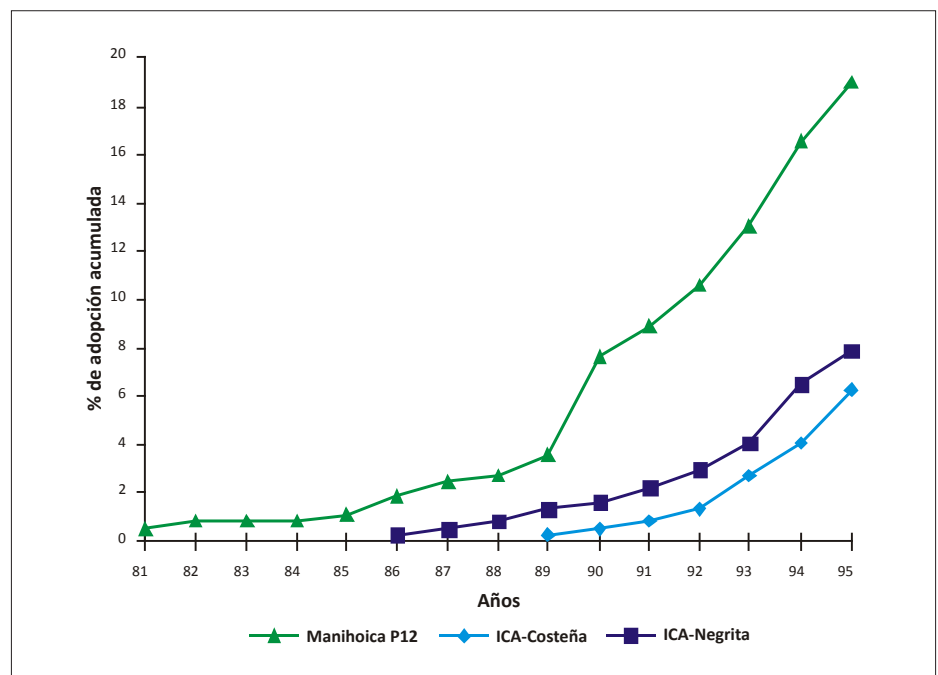


Figura 6. Adopción acumulada de dos variedades de yuca liberadas por el método de SVP y una por el fitomejoramiento formal en la región Caribe colombiana. Fuente: López, 1998 y López, 1999.

mayores que la variedad liberada por el método del fitomejoramiento formal (Manihoica P12). Ésta fue liberada en la región Caribe colombiana durante el año 1984, mientras que la variedad ICA-Costeña lo fue el año 1990 y la variedad ICA-Negrita durante el año 1992. A los cinco años (1989) de liberada la variedad P12, su porcentaje de adopción fue cercano al 4%, mientras

que para la variedad ICA-Costeña a los cinco años de liberada, su porcentaje de adopción fue de 8% y el de ICA-Negrita estuvo por encima del 6% (Figura 6).

Por otra parte, mientras la variedad Manihoica P-12 necesitó 13 años entre cruzamiento y liberación, las variedades ICA-Costeña e ICA-Negrita necesitaron 8

años entre cruzamiento y liberación con participación de los agricultores. El incremento relativo de la adopción de Manihoeica P-12 a partir de 1989, se debió a que un proyecto de desarrollo rural financiado por el gobierno colombiano, distribuyó semilla a las cooperativas de agricultores de los departamentos del Caribe colombiano (López, 1999). La multiplicación de semilla de variedades seleccionadas es un paso clave en su difusión, lo cual se demostró aquí con el caso de Manihoeica P-12 frente a las otras dos variedades. A este respecto, al realizar un análisis crítico de un procedimiento participativo aplicado al mejoramiento del cultivo de yuca en el Caribe colombiano, Hernández y Saad (2004) concluyeron que este paso es esencial en el fitomejoramiento participativo, junto con el estudio de impacto de la metodología y el proceso ejecutado.

CONCLUSIONES

En la investigación que permitió desarrollar la metodología con la finalidad de optimizar el proceso de fitomejoramiento de yuca, se generaron varios productos adicionales que permiten concluir lo siguiente:

- Se generó una metodología de selección varietal participativa para la yuca;
- El programa nacional de yuca adoptó el enfoque participativo eliminando las pruebas regionales del enfoque del fitomejoramiento convencional e incorporó a los productores en la selección de clones desde la primera generación clonal de la F1, lo cual permitió demostrar que es posible integrar los dos enfoques;
- Se demostró que es posible reducir el tiempo de desarrollo de una nueva variedad de yuca. Mientras que con el método de SVP el tiempo se redujo a 7 años, con el método del fitomejoramiento formal el tiempo necesario fue de 13 años;
- Mediante el establecimiento de una red de pruebas en múltiples localidades y con los criterios de los agricultores, se identificaron ambientes de evaluación para monocultivo e intercalamiento, lo cual sirvió de base para las evaluaciones subsiguientes del programa de mejoramiento de yuca;

- Los agricultores seleccionaron clones de acuerdo a sus necesidades inmediatas y a las demandas del mercado fresco; sin embargo, la integración con el fitomejoramiento convencional permitió identificar variedades con potencial de uso industrial que fueron liberadas posteriormente.

Aunque esta metodología ha sido incorporada en varios países de América Latina, es necesario abordar desarrollos metodológicos con materiales de etapas tempranas del proceso de selección y avanzar hacia el fitomejoramiento participativo manejado por los agricultores.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sinceros agradecimientos a los agricultores de todas las localidades que participaron efectivamente en el desarrollo y toma de decisiones del fitomejoramiento participativo desarrollado por ICA, CIAT y CORPOICA. Igualmente a la Dra. Jacqueline Ashby y al Dr. Edward Carey del CIAT, por su apoyo conceptual y metodológico en las fases iniciales del proyecto. Así mismo, al Dr. Guy Henry y la Dra. Verónica Gottret quienes apoyaron el estudio de adopción. Finalmente agradecimiento a la valiosa contribución del estadístico Eduardo Granados quien diseñó los programas para el análisis estadístico de los datos.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Almekinders, C.J.M. y A. Elings. 2002. Collaboration of farmers and breeders: participatory crop improvement in perspective. *Euphytica* 122: 425-438.
- Álvarez, E., G. Llano, J.B. Loke, J.A. Restrepo y J.R. Mora. 1999. Investigación participativa para el control de pudriciones de yuca en comunidades indígenas de Mitú, Colombia. En: PRGA Program. 2000. Fitomejoramiento participativo en América Latina y el Caribe. Memorias de un simposio internacional. Quito, Ecuador. 31 agosto a septiembre 3 de 1999. PRGA Program. Cali, Colombia. CD-ROM.
- Atlin, G.N., M. Cooper y Å. Bjørnstad. 2001. A comparison of formal and participatory breeding approaches using selection theory. *Euphytica* 122: 463 - 475.
- Bänziger, M. y M. Cooper. 2001. Breeding for low input conditions and consequences for participatory plant breeding: examples from tropical maize and wheat. *Euphytica* 122: 503-519.

Bornacelly, C. 2002. Prueba de variedades para mejorar la competitividad del tomate cultivado por pequeños productores de Cañaverales, San Juan del Cesar (Guajira). En: Arévalo, M. (compilador). Primeros frutos de la investigación participativa con agricultores en CORPOICA. Bogotá D.C. Graficas Darbel & Cia Ltda.; p: 127-131.

Carey, E.E. 1987. Entrevistas realizadas a agricultores durante febrero de 1987 en la región de la Costa Norte. Informe sobre la evaluación de variedades de yuca por agricultores en Colombia. CIAT, Cali-Colombia, 17 p.

Carter, S.E. 1985. Zonification of cassava producing region on Colombia's north coast based on environmental and agro-socio-economic constraints. Working Document. Agroecological Studies Unit-CIAT, Cali-Colombia.

Ceccarelli, S., S. Grando, M. Singh. M. Michael, A. Shikho, M. Al Issa, A. Al Saleh, G. Kaleonjy, G.; S.M Al Ghanem, Al Hasan, A.L. Dalla, H. Basha y T. Basha. 2003. A methodological study on participatory barley breeding, II. response to selection. *Euphytica* 133: 185-200.

Courtois, B., B. Bartholome, D. Chaudhary, G. McLaren, C.H. Misra, N.P. Mandal, S. Pandey, T. Paris, C. Piggan, K. Prasad, A.T. Roy, R.K. Sahu, V.N. Sahu, S. Sarkarung, S.K. Sharma, A. Singh, H.N. Singh, O.N. Singh, N.K. Singh, R.K. Singh, S. Singh, P.K. Sinha, B.S.V. Sisodia, y R. Takhur. 2001. Comparing farmers and breeders rankings in varietal selection for low-input environments: A case study of rainfed rice in eastern India. *Euphytica* 122: 537-550.

Chambers, R. (1989) Institutions and practical change. Reversals, institutions and change. pp. 181-195. En: Farmer First, T. Chambers, A. Pacey y L.A. Thrupp (eds.), *Intermedite Technology Publications*. London.

Digby, P.G.N. 1979. Modified joint regression analysis for incomplete variety x environment data. *J. Agric. Sci.* 93: 81-86.

Fukuda, C.H., W.M. Goncalves, L.C. Nunes y O.L. Vasconcelos. 1999. Agricultores incorporados a la fase preliminar y avanzada del mejoramiento de la yuca por resistencia a enfermedades. En: Fitomejoramiento participativo en América Latina y el Caribe. Memorias Simposio Internacional. Quito, Ecuador. Agosto 31 a septiembre, 1999. PRGA Program. Cali, Colombia. CD-ROM.

Gómez, R. 2002. Coibito y Guavatá Victoria, dos variedades regionales de maíz elegidas por los agricultores del CIAL de Gámbita Viejo para sus condiciones de economía campesina. En: Arévalo, M. (compilador). Primeros frutos de la investigación participativa con agricultores en CORPOICA. Bogotá D.C. pp. 159-164.

Goncalves, W.M. y N. Saad. 2001. Participatory research in cassava breeding with farmers in Northeastern Brazil. *EMBRAPA-CIAT-PRGA*. 39 p.

- Gyawali, S., S. Sunwar, V. Subedi, M. Tripathi, K.D. Joshi y J.R. Witcombe. 2007. Collaborative breeding with farmers can be effective. *Field Crop. Res.* 101(1): 88-95.
- Hernández, L.A. 1992. Participación de agricultores en la evaluación de variedades de yuca. En: Documento de trabajo No. 99. Memorias de un taller en el CIAT, Palmira, Colombia. Septiembre 3 a 6 de 1991. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. pp. 40-48.
- Hernández, L.A. 1993. Evaluación de nuevas variedades de yuca con la participación de agricultores. Documento de trabajo No. 130. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 85 p.
- Hernández, L.A. 2000. Regresión logística en el análisis de preferencia: aplicación en Excel. Instructivo. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- Hernández, L.A. y N. Saad. 2004. Análisis crítico de un procedimiento participativo aplicado al mejoramiento del cultivo de yuca. PRGA-CGIAR- Future Harvest. Systemwide Program on Participatory Research and Gender Analyses. Working Document No. 18. 21 p.
- Hinestroza, F. y H. Álvarez. 1992. Pruebas de variedades de yuca en el Ecuador. En: Participación de los productores en la selección de variedades de yuca. Documento de trabajo No. 99. Memorias de un taller en el CIAT, Palmira, Colombia. Septiembre 3 a 6 de 1991. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. pp. 20-26.
- Joshi, K.D. y J.R. Witcombe. 2002. Participatory varietal selection in rice in Nepal in favorable agricultural environments – A comparison of two methods assessed by varietal adoption. *Euphytica* 127: 445-458.
- López, A.J. 1998. Estudio de adopción e impacto de tres variedades de yuca en la región Caribe. Informe final del proyecto. CORPOICA, Regional 2, C.I. Turipaná, Cereté, Colombia. 61 p.
- López, A.J. 1999. Adopción de variedades de yuca generadas por el mejoramiento clásico y por la selección varietal participativa en la región Caribe colombiana. En: PRGA Program 2000. Fitomejoramiento participativo en América Latina y el Caribe. Memorias Simposio Internacional. Quito, Ecuador. Agosto 31 a septiembre 3 de 1999. PRGA Program. Cali, Colombia. CD-ROM.
- López, A.J. y M.F. Jaramillo. 2000. Nuevas variedades de yuca para la región Caribe. Documento de sustentación. CORPOICA-CIAT-ICA-MADR-PRGA. CORPOICA, C.I. Turipaná, Cereté (Córdoba), Colombia. 60 p.
- Maurya, D.M., A. Bottrall y J. Farrington. 1988. Improved livelihoods, genetic diversity and farmers' participation: a strategy for rice-breeding in rainfed areas of India. *Experimental Appropriate Agriculture* 24 : 311-320.
- Mejía, M.J. y J.E. Serrano. 1992. Pequeños productores del sur del Cesar encuentran variedad de arroz de mayor producción que la local. En: Arévalo, M. (compilador). Primeros frutos de la investigación participativa con agricultores en CORPOICA. Bogotá D.C. pp. 62-66.
- Mulatu, E. y H. Zelleke. 2002. Farmers' highland maize (*Zea mays* L.) selection criteria: Implication for maize breeding for the Hararghe highlands of eastern Ethiopia. *Euphytica* 127: 11-30.
- Ocampo, C. y A.J. López. 1990. Determinación por electroforesis en cuatro morfotipos del clon de yuca 'Venezolana' de la Costa Atlántica. En: Yuca y cultivos asociados. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia.
- Sperling, L., M.E. Loevisohn y B. Ntabomvra. 1993. Rethinking the farmers role in plant breeding local bean experts and on-station selection in Rwanda. *Exp. Agric.* 29: 509-519.
- Sperling, L y J.A. Ashby. 1999. Moving participatory breeding forward: the next steps. En: M. Collinson (ed.). History of farming systems research. CABI, London. 15 p.
- Ward, J. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *J. Am. Stat. Ass.* 58: 236-244.
- Weltzien, R.E., M.I. Whitaker y M. Dhamotharan. 1996. Diagnostic methods for breeding pearl millet with farmers in Rajasthan. pp. 127-139. En: Sperling, L. y M.L. Loevisohn (eds.). Enhancing and maintaining genetic resources on farm. Proceeding of a workshop held on 19-21 June 1995. New Delhi, India. International Development Research Centre.
- Weltzien, R.E., M. Smith, L. Meitzner y L. Sperling. 2000. Technical and institutional issues in participatory plant breeding-done from a perspective of formal plant breeding. A global analysis of issues and of current experiences. CGIAR Systemwide Program on Participatory Research and Gender Analysis for Technological Development and Institutional Innovation. Working Document No. 3. 229 p.
- Witcombe, J.R., A. Joshi, K.D. Joshi y B.R. Sthapit. 1996. Farmer participatory crop improvement. I. Varietal selection and breeding methods and their impact on biodiversity. *Exp. Agric.* 32: 445-459.
- Witcombe, J.R., K.D. Joshi, R.B. Rana y D.S. Virk. 2001. Increasing genetic diversity by participatory varietal selection in high potential production systems in Nepal and India. *Euphytica* 122: 575-588.